

スポーツ障害予防研究への人工知能導入に関する調査研究

東京大学大学院 医学系研究科 講師 武富修治

1. 調査研究の背景・目的

第3次人工知能ブームと言われる現在、人工知能の技術水準は向上し、既に様々な分野で商品やサービスに組み込まれ、活用がはじまっている。医療分野では画像診断分野で導入が始まっている。スポーツ外傷・障害予防分野でも人工知能の活用が期待されるが、未だ導入は進んでいないのが現状である。

我が国では、スポーツ人口は増加の一途を辿り、競技力も向上している。スポーツにおいて、外傷・障害の発生はつきものであり、スポーツ競技者にとっては人生をも左右する事象である。従って、怪我を少しでも減らすための予防が必要であるが、スポーツ外傷・障害予防には、外傷・障害発症メカニズムやリスク因子の解明が不可欠である。スポーツ障害・外傷は選手個人の内的因子（バランス能力や解剖学的特徴、体の使い方など）に加え、外的環境因子（ルール、防具、グラウンド、天気など）が関わっており、さらに怪我を直接引き起こすイベントやアクシデントが発生し生じるため、その原因を単純化することは困難である。さらに、怪我の発症後の後ろ向きの解析では、選手が怪我をする前に有していたリスク因子や外傷時や受傷前の動態を把握することは困難であり、前向き研究が必要である。特定の外傷・障害の発生数はそれほど多くはないため、前向き研究には非常に多くのサンプルが必要である。このような問題があり、これまでの研究では障害・外傷のメカニズムや未知のリスク因子を十分に明らかにすることが出来ていなかった。スポーツ外傷・障害の発症リスク因子の解析や発症予測に人工知能を導入することで、数多くのデータの解析および、複雑に交絡する多因子からなるスポーツ外傷・障害の発生予測を可能とできるかもしれない。

一方、スポーツ外傷・障害発症メカニズムやリスク因子の解明には選手がダイナミックにどのような身体の使い方をしているかを解析する動態解析が必須であるが、従来の精度の高い動態解析では全身に反射マーカーを貼って撮影する必要があり、撮影場所や服装に制限があるだけでなく、非常に長時間を要するという問題があった。動態解析に人工知能を導入することで、多くのアスリートの動作を短時間に解析することができれば、怪我をしやすい選手の動きを明らかにすることができる可能性が高まると考えられる。

本調査の目的は、スポーツ外傷・障害の予防に必要なリスク因子の解析、外傷発生予測およびアスリートの動態解析に人工知能を導入することの有用性を調査することである。

2. 調査研究の内容

2.1. 人工知能を用いた動態解析によるスポーツ外傷・障害予防研究

本学情報理工学系研究科で開発した人工知能を用いた動態解析法である VMocap (図1) を用いて、多人数のアスリートの動態解析を行った。本技術は関節中心位置を人工知能が自動推定することで、従来法で必要だったマーカーを用いることな

く、服装に制限なく動態の解析が可能な技術であり、解析も半自動化されている。この技術により従来法より飛躍的に短時間で多くの選手の動態解析が可能である。具体的にはアスリートの drop vertical jump テストを行い、そのジャンプ動作を4方向からカメラで撮影した。人工知能を用いた本動態解析によって人工知能がスポーツ外傷・障害予防研究に有用であるかを検証するために研究①として、サッカー選手のジャンプ動作の男女差を、研究②として女性サッカー選手のジャンプ動作の利き脚、非利き脚のキネマティクスの違いを調査した。

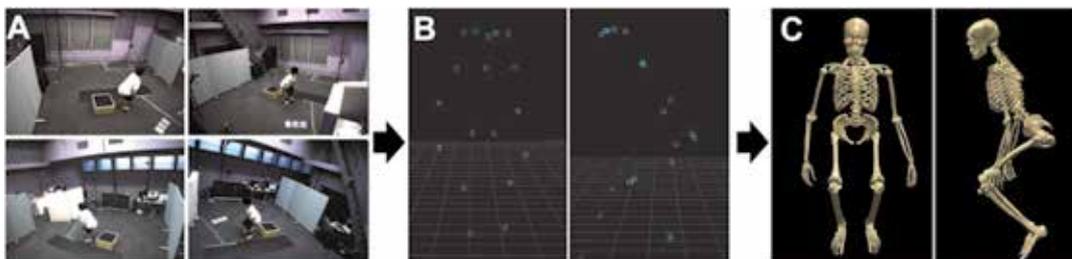


図 1

文献 1 より引用

VMocap による動態解析

2. 2. ニューラルネットワークを用いたスポーツ外傷・障害予測

ニューラルネットワークがスポーツ外傷・障害予防研究に有用であるかを検証するために研究③として、オートエンコーダーに既傷者バイアスを用いた身体測定データからのスポーツ外傷潜在リスクの抽出が可能であるかの研究を行った。対象は395名のアスリートとし、メディカルチェック後の外傷・障害の前向き調査で、受傷選手が多かったハムストリング肉ばなれを解析の対象とした。メディカルチェック後98名がハムストリング肉ばなれを発症した。

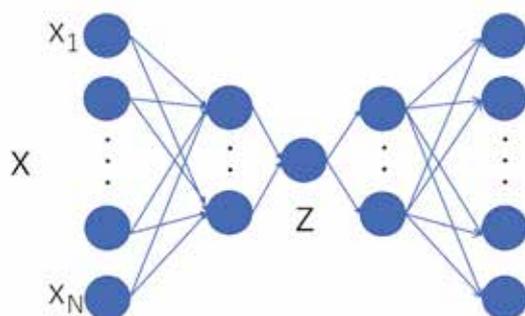


図 2

5層オートエンコーダーを用いたニューラルネットワーク

3. 調査研究の結果

3. 1. 人工知能を用いた動態解析によるスポーツ外傷・障害予防研究

研究①で、男性サッカー選手61名、女性サッカー選手63名の drop vertical jump テストの動態解析を VMocap を用いて行ったところ、着地動作中の様々なタイミングで、股関節屈曲角度、膝屈曲角度、膝外反角度、下腿傾斜角度において、男女差があることが分かった。また研究②では64名の女性サッカー選手の drop vertical jump における利き脚、非利き脚のキネマティクスを調査した。その結

果、利き脚、非利き脚の着地動作のキネマティクスは異なっており、特に着地時の膝外反角度に違いがあることが明らかとなった。人工知能を用いた動態解析は、スポーツ選手の動態解析に有用であることが確認できた。多くの症例数の解析が必要となるスポーツ外傷・障害の予防研究に、マーカーを用いず、撮影や解析の時間が大幅に短縮できるVMocapは有用であり、今後のスポーツ現場における動態解析で大きな役割を果たすことが期待できる。

3.2. ニューラルネットワークを用いたスポーツ外傷・障害予測

研究③で、ニューラルネットワークを用いた代表的な次元削減手法であるオートエンコーダーの損失関数に肉ばなれ発症のバイアスとして組み込むことで肉ばなれを発症していない選手の潜在的受傷リスクを評価することを試みた。身体計測、体組成分析、筋の柔軟性、全身関節弛緩性、筋力、バランス能力、心理学的検査スコアなどのメディカルチェックとハムストリング肉ばなれ受傷情報のデータセットを用いてスポーツ外傷潜在リスクの抽出の可能性を調査したところ、5層オートエンコーダーの勾配が複合的な要因のベクトルとして、個人別の外傷潜在リスクを表現している可能性が示唆された。また、スポーツ外傷に関する先行研究で指摘されたリスク要因に整合する結果が勾配ベクトルの成分として抽出されていることを確認できた。一方で、学習症例数はまだまだ不足しており、より多くのデータを学習させることで、より精度が高い予測が可能となることが考えられた。

4. 調査研究のまとめ

スポーツ外傷・障害の予防研究に人工知能が有用であるかを、人工知能を用いた動態解析およびニューラルネットワークを用いたスポーツ外傷・障害予測を行うことで検証した。マーカーを用いず、撮影や解析の時間が大幅に短縮できる人工知能を用いた動態解析はスポーツ外傷・障害予防研究に有用であり、すぐにでも導入可能であると考えられた。ニューラルネットワークを用いたスポーツ外傷・障害予測も実現可能性は高いと考えられたが、一方で、精度の高い機械学習にはビッグデータが必要であり、症例数を増やす必要性があることが明らかとなった。

5. 文献

1. Kawaguchi K, Taketomi S, Mizutani Y, Uchiyama E, Ikegami Y, Tanaka S, Haga Y, Nakamura Y. Sex Differences in Drop Vertical Jump revealed by Video Motion Capture Analysis using Artificial Intelligence. *Orthop J Sports Med.* 2021 Nov 3;9(11):23259671211048188.

2. Nakahira Y, Taketomi S, Kawaguchi K, Mizutani Y, Hasegawa M, Ito C, Uchiyama E, Ikegami Y, Fujiwara S, Yamamoto K, Nakamura Y, Tanaka S, Ogata T. Kinematic Differences Between the Dominant and Nondominant Legs During a Single-Leg Drop Vertical Jump in Female Soccer Players. *Am J Sports Med.* 2022 Aug;50(10):2817-2823.